

PEMANFAATAN ALGAE *CHLORELLA PYRENOIDOSA* UNTUK MENURUNKAN TEMBAGA (Cu) PADA INDUSTRI PELAPISAN LOGAM

Benny Syahputra^{*}

ABSTRAK

Ion tembaga (Cu) termasuk ion yang berbahaya apabila dibuang ke badan air karena bersifat toksik. Pengolahan kadar Cu dapat dilakukan dengan memanfaatkan algae. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume algae yang paling efektif dan efisien dalam menurunkan kadar tembaga (Cu) limbah cair pelapisan logam.

Penelitian ini dilakukan dengan cara memvariasi volume algae (*Chlorella pyrenoidosa* 400 ml/l, 600 ml/l, 800 ml/l dengan waktu pengamatan 7 hari. Sampel limbah diambil sebanyak 4 liter per ember dengan jumlah ember 12 buah. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (CRD) dengan 3 kali ulangan. Analisis kandungan tembaga (Cu) dilakukan sebelum dan sesudah pengamatan selama 7 hari di laboratorium

Hasil penelitian menunjukkan, rata-rata kadar tembaga (Cu) pada saat sebelum perlakuan adalah 3,29 mg/L, rata-rata akhir setelah perlakuan dengan variasi volume algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l kadar tembaga, (Cu) turun menjadi 0,29 mg/L, sedangkan rata-rata efisiensi tingkat penurunan kadar tembaga, masing-masing perlakuan adalah 400 ml/l = 83,38 %; 600 ml/l = 88,44; 800 ml/l = 90,97 %. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang paling efektif dari 3 perlakuan yang dilakukan adalah dengan variasi volume algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri pelapisan logam menghasilkan limbah cair yang cukup banyak salah satunya adalah tembaga (Cu), limbah cair pelapisan logam dihasilkan dari proses pembersihan, pencucian, dan penyepuhan. Industri pelapisan logam saat ini belum menggunakan pengolahan yang memadai, industri ini hanya menggunakan bak penampung sebagai tempat pembuangan limbah sementara. Berdasarkan hasil pemeriksaan limbah industri pelapisan logam di Kota Gede Yogyakarta ternyata mempunyai kadar tembaga (Cu) yang cukup tinggi yaitu 3,29 mg/L, pH 5,6, suhu 29⁰ C, sedangkan baku mutu air limbah golongan I menurut Kep.03/MENKLH/II/1991 adalah 1 mg/L. Dengan kandungan yang cukup tinggi tersebut apabila dibuang ke perairan akan menimbulkan gangguan pada kehidupan biota air maupun manusia itu sendiri.

Algae *Chlorella pyrenoidosa* dipilih sebagai sarana. Penanganan limbah cair karena algae *Chlorella pyrenoidosa* dapat tumbuh dan berkembang biak pada air kotor, selain itu algae *Chlorella pyrenoidosa* dapat menurunkan kadar tembaga. (Cu), karena algae mempunyai kemampuan untuk

^{*} Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang

menyerap logam-logam berat termasuk Cu dengan cara melakukan penyerapan melalui permukaan selnya, karena adanya proses adsorpsi. Setelah itu logam diserap masuk oleh sel algae sampai pada titik optimal, penyerapan ini dilakukan selama 7 hari.

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah maka tujuan penelitian adalah untuk mengetahui volume algae yang paling efektif dalam menurunkan limbah tembaga (Cu) pada industri pelapisan logam Kotagede Yogyakarta serta mengetahui efisiensi penurunan kadar tembaga (Cu) oleh algae *Chlorella pyrenoidosa*.

1.5. Manfaat Penelitian

- Memberi informasi kepada industri pelapisan logam dalam pemanfaatan algae *Chlorella pyrenoidosa* dalam mengolah limbah industri pelapisan logam untuk menurunkan kandungan tembaga (Cu) yang tinggi.
- Diharapkan dapat menyumbangkan alternatif pilihan penurunan kadar tembaga pada limbah cair industri pelapisan logam dengan menggunakan algae *Chlorella pyrenoidosa*

II. TINJAUAN PUSTAKA

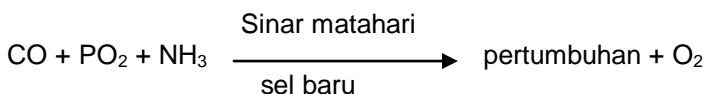
2.1. Algae

Algae (tunggal : alga) adalah tanaman mikroskopik, fotosintetis, dalam bentuk yang sangat sederhana, tidak berakar, berbatang maupun berdaun. Berukuran sel tunggal yang kecil, di dalam air memberikan warna hijau, mencabang dengan tembus pandang mata dengan kebanyakan menampilkan lumut hijau.

Algae sel tunggal kadang-kadang juga disebut diatomeae, terdapat melekat pada silika kerang. Anacystis, Anabaena, dan Aphanizomenon merupakan algae hijau yang akan nampak pandang mata dalam bentuk rumput pendek terikat jika tersuspensi dalam air. Oosystic dan Pediastrum adalah algae hijau. Ratusan varietas algae dari struktur sel berwarna hijau muda, kecoklat-coklatan dan merah.

Guna melihat esensi karakteristik algae dapat diidentifikasi dengan cara observasi mikroskopik. Standar metoda, terdiri dari ilustrasi warna dari algae biasa dihubungkan dengan rasa dan bau, clogging dalam filter, air yang tercemar, air bersih dan lain-lain.

Proses fotosintesis digambarkan sebagai berikut :



Algae adalah autotrop, menggunakan CO₂ atau bikarbonat guna memperoleh CO₂, senyawa anorganik P dan unsur nitrogen dengan mengambil dari senyawa NH₃ atau nitrat. Selain itu

diperlukan nutrisi seperti magnesium, boron, cobalt, dan calcium. Species tertentu seperti algae hijau kebiru-biruan, dapat mengikat gas nitrogen apabila garam anorganik nitrogen tidak diperoleh. Produk dari fotosintesis adalah tanaman baru dan oksigen.

Energi dari fotosintesis didapatkan dari sinar. Pigmen yang akan menjadi chlorofil, berwarna biru, merubah secara biokimia, energi matahari menjadi energi berguna untuk pertumbuhan tanaman dan reproduksi

Tujuan dari fotosintesis adalah menghasilkan tanaman baru yang hidup, oleh karenanya menambah jumlah algae. Tersedianya lingkungan dan nutrisi yang baik, algae berkembang biak dengan jumlah yang banyak. Pada air biasa pertumbuhan algae lambat dikarenakan terhalangnya sinar karena kekeruhan air dan dinginnya air. Air yang jernih, telaga gunung, yang airnya dingin cenderung mengurangi algae. Air yang panas akan memperkaya nitrogen dan pospor dari resapan air atau air buangan menimbulkan banyaknya algae dan menampakkan warna hijau, memperkeruh air selama masa pertumbuhan tanaman. Kolam stabilisasi air buangan mendukung berkembangnya algae pada tingkat suspensi membayangi sendiri, yaitu surplus nitrogen, pospor, dan nutrisi karbon tidak dapat terbentuk, disebabkan sedikitnya penetrasi sinar matahari terhalang oleh kekeruhan.

Macrophytic adalah tanaman *photosyntetic aquatic*, tidak termasuk algae yang timbul dengan tipe terapung, terendam dan tenggelam. Tanaman yang terapung tidak berakar dan melayang di atas permukaan air, merupakan tanaman kecil dengan tiga daun dan mengambang dengan diameter rata-rata 5 mm, dan lainnya adalah *hyacinth* air dengan bunga di atas. Folage (daun) tanaman yang terendam rumput kolam, rerumputan air (water weed), dan coontail tumbuh di bawah permukaan air. Berakar pada kira-kira lebih dari 3 m di. bawah permukaan air tergantung pada kejernihan air.

Tanaman yang tenggelam seperti *pickerweed* dan *cattail*, melekat pada akar di dasar lumpur, mengambang folagenya sampai di atas permukaan air, batu karang dan kerikil di bawah air telaga dan kurang nutrisi hanya sedikit mendukung pertumbuhan tanaman akuatik, sedang telaga entropic memiliki landasan rumput yang ekstensif, baik pada teluk dangkal dan sepanjang pantai.

Air buangan limbah di telaga, sungai akan meningkatkan rerumputan (*weed*) dengan dibantu suhu air dan sinar matahari. Rumput yang tidak diinginkan dalam kolam stabilisasi air buangan diawasi dengan mengkonstruksi kedalam air tidak kurang dari 1 meter guna menangkai sinar matahari sampai dasar.

2.2. Proses Pelapisan Logam

Proses pengolahan pada industri pelapisan logam (Anonim, 1994)

- a. Pembersihan dan pengupasan. Pada tahap awal operasi adalah mempersiapkan logam dengan cara pembersihan dan pengupasan. Lemak dapat dihilangkan dengan menggunakan pelarut seperti benzena, trikloroetilin, metil klorida, toluena, dan karbon. tetraklorida, atau larutan alkali yang mengandung natrium karbonat kostip, sianida, borak, sabun, atau pembersih lainnya.
- b. Pengasaman. Tahap ini menghilangkan kerak dan karat dari logam. Pengasaman ini menggunakan larutan asam sulfat atau asam hidroklorida.
- c. Pelapisan. Dalam pelapisan tanpa listrik suatu lapisan dilekatkan pada plastik atau logam dengan daya katalis atau pemindahan. Berbagai campuran larutan digunakan tetapi logam paling umum adalah tembaga krom, nikel dan seng yang dilarutkan bersama sianida asam, alkali dan fosfat.
- d. Penyepuhan. Merupakan suatu proses pengendapan satu lapisan tipis oksida pada permukaan logam.
- e. Pembilasan. Tahap ini dapat dilakukan dalam penangas tetap, penangas mengalir atau pembilasan semprot.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

- a. Tanaman algae *Chlorella pyrenoidosa* sebanyak 5,5 liter yang diambil dari pembiakan dengan menggunakan plankton net.
- b. 48 liter limbah cair pelapisan logam (Cu)
- c. Larutan HCL 1 N sebanyak 900 cc menetralkan pH.

3.2. Cara Perlakuan *Chlorella pyrenoidosa*

Algae *Chlorella pyrenoidosa* dibeli dari reaktor pembiakan balai budidaya air payau Kab. Jepara dan selanjutnya ditanam pada ember II, III, IV pada ember I dibiarkan tanpa Algae selama ± 7 hari. Untuk penanaman hanya menggunakan air limbah, tanpa menggunakan media penyangga karena algae dapat mengapung bebas. Disamping itu untuk menjamin bahwa penurunan tembaga hanya oleh algae bukan oleh faktor pengendapan. Untuk pH dianalisis sebelum algae dimasukkan ke dalam ember perlakuan.

3.3 Cara Sampling

- a. Teknik pengambilan

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sample* yaitu pengambilan yang dilakukan pada waktu dan titik yang sama.

- b. Cara pengambilan

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan pada bak penampung dengan menggunakan jerigen. Jerigen dibersihkan bagian dalamnya dengan cara dibilas dengan menggunakan air limbah yang

akan diambil. Kemudian jerigen dimasukkan ke dalam limbah cair secara perlahan-lahan dan hindarkan terjadinya turbulensi di dalam jerigen.

c. Waktu

Waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 09:00 WIB, hal ini dilakukan karena aktivitas industri sudah berjalan.

3.4. Prosedur Penelitian

- a. Kedua belas ember diisi dengan limbah cair masing-masing sebanyak 4 liter.
- b. Algae *Chlorella pyrenoidosa* diambil dari reaktor pembiakan di daerah Jepara Jawa Tengah menggunakan erlenmeyer.
- c. Disaring dengan plankton net dengan berat yang diinginkan yaitu 400 ml/l, 600 ml/l, 800 ml/l (setiap satu ml algae *Chlorella pyrenoidosa* mengandung 40 - 50 juta sel algae)
- d. Limbah cair diukur dulu dengan pH meter untuk mengetahui nilai pH awal, sebelum dimasukkan ke ember.
- e. Sembilan buah ember ditanami algae *Chlorella pyrenoidosa* dengan perlakuan volume 400 ml/l, 600 ml/l, 800 ml/l
- f. Ember I sebanyak 3 buah tidak ditanami algae *Chlorella pyrenoidosa* dan berfungsi sebagai kontrol
- g. Ember II sebanyak 3 buah berisi 400 ml/l algae *Chlorella pyrenoidosa*
- h. Ember III sebanyak 3 buah berisi 600 ml/l algae *Chlorella pyrenoidosa*
- i. Ember IV sebanyak 3 buah berisi 800 ml/l algae *Chlorella pyrenoidosa*
- j. Diaduk 3 kali sehari untuk setiap ember yang ditanami algae *Chlorella pyrenoidosa* agar tidak terjadi pengendapan.
- k. Pengamatan dilakukan dengan waktu 7 hari
- l. Percobaan menggunakan sistem *batch* dengan pengulangan 3 kali.

3.5. Analisis Pengukuran Limbah Cair Tembaga (Cu)

- a. Menyiapkan sampel Tembaga (Cu)
- b. Menuangkan sampel Cu kedalam tabung reaksi dengan suhu 5⁰C - 30⁰ C
- c. Dilanjutkan dengan menuangkan reagent CU-1A sebanyak 1 sendok penuh kedalam tabung sedangkan untuk reagent Cu 2A sebanyak 5 tetes.
- d. Tutup dan digojok, selanjutnya didiamkan selama 5 menit
- e. Kemudian diukur dengan kertas warna.

3.6. Analisis Data

Metode *analysis of varian* (ANOVA) dengan metode *Completely Randomized Design* (Desain acak Lengkap), dan perhitungan efisiensi.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

TABEL IV.1.
HASIL AWAL PENGUKURAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN LOGAM KOTAGEDE
DENGAN PARAMETER TEMBAGA (CU)

No.	Parameter	Satuan	Hasil
1.	Tembaga (Cu)	mg/L	3,29

Sumber : hasil pengukuran

TABEL IV. 2.
HASIL ANALISIS KADAR TEMBAGA (CU) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
KOTAGEDE SETELAH DITAMBAH DENGAN ALGAE *CHLORELLA PYRENOIDOSA*
SELAMA 7 HARI

Ulangan	Konsentrasi <i>algae Chlorel.la pyrenoidosa</i> (ml/l)			
	0	400	600	800
1	2,79	0,62	0,45	0,31
2	2,65	0,53	0,36	0,29
3	2,64	0,50	0,34	0,29
Rata-rata	2,69	0,55	0,38	0,29

Sumber : hasil pengukuran

TABEL IV.3.
EFISIENSI PENURUNAN KADAR TEMBAGA (CU) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN
LOGAM KOTAGEDE SETELAH DITAMBAH DENGAN ALGAE *CHLORELLA PYRENOIDOSA*
SELAMA 7 HARI

Ulangan	Efisiensi penurunan tembaga (Cu) setiap perlakuan (%)			
	0	400	600	800
1	15,29	81,45	86,32	90,57
2	19,45	83,89	89,05	91,18
3	19,75	84,80	89,96	91,18
Rata-rata	18,13	83,38	88,84	90,97

Sumber : hasil pengukuran

TABEL IV.4.
PERHITUNGAN RANCANGAN PERCOBAAN CRD (*COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN*)
DENGAN MEMAKAI ANOVA TERHADAP PAREMETER TEMBAGA (CU)

Sumber Variasi	df	Jumlah Kuadrat	Kuadrat rata-rata	F hitung	F tabel
----------------	----	----------------	-------------------	----------	---------

Perlakuan	$(4-1) = 3$	11,8284	3,9428	830,06315	4,07
Error	$4(3-1) = 8$	0,038	0,00475		7,59
Total	$4.3-1 = 11$	11,8664	3,94755		

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan algae *Chlorella pyrenoidosa* mempunyai pengaruh terhadap penurunan kadar tembaga (Cu) limbah cair pelapisan logam. Hal ini dapat ditunjukkan oleh adanya perbedaan tingkat penurunan rerata kadar tembaga antara perlakuan dan kontrol. Rerata penurunan kadar tembaga sebelum perlakuan adalah 2,69 mg/L dan penurunan terendah pada perlakuan dengan variasi algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l terjadi penurunan sebesar 0,29 ml/l.

Pada ember kontrol tidak diberi penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* ke dalam limbah Cu (tembaga), karena ember ini digunakan sebagai perbandingan antara limbah Cu yang mengalami perlakuan algae *Chlorella pyrenoidosa* dengan limbah tanpa algae *Chlorella pyrenoidosa*, sedangkan pada ember perlakuan diberi penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* sebanyak 400 ml/l berpengaruh terhadap penurunan limbah cair Cu (tembaga.). Hal ini dilihat pada tabel 4.2 dimana kandungan Cu dengan sampel awal 3,29 mg/L, waktu penambahan 7 hari turun menjadi 0,54 mg/L.

Penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* ke dalam bak perlakuan sebanyak 600 ml/l juga berpengaruh terhadap penurunan kandungan limbah cair (Cu) seperti terlihat pada tabel 4.2. Dimana kandungan tembaga (Cu) dengan sampel awal 2,29 mg/L waktu penambahan 7 hari turun menjadi 0,38 mg/L. Pada ember perlakuan dengan penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* sebanyak 400 ml/l dan 600 ml/l menunjukkan penurunan limbah cair tembaga yang sangat nyata. Penurunan kandungan limbah cair tembaga dikarenakan proses fotosintesis algae *Chlorella pyrenoidosa*. Dengan proses fotosintesis tersebut maka akan menghasilkan klorofil yang digunakan dalam aktivitas algae *Chlorella pyrenoidosa* dalam penyerapan terhadap limbah cair tembaga (Cu), sehingga kandungan limbah tembaga mengalami penurunan.

Penurunan kadar tembaga tertinggi pada penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l karena semakin banyak algae *Chlorella pyrenoidosa* ditambahkan ke dalam limbah cair tembaga, maka klorofil yang ada akan bertambah banyak serta pada pengamatan 7 hari algae *Chlorella pyrenoidosa* akan mengalami sintesis sel yang berjalan cepat, sehingga terjadi pertumbuhan sel yang akan melakukan penyerapan melalui permukaan selnya, dimana partikel-partikel logam akan menempel pada permukaan sel, sehingga pada umur 7 hari algae *Chlorella pyrenoidosa* masih melakukan penyerapan tembaga dengan baik.

Penurunan kadar tembaga (Cu) juga diikuti dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut, melalui proses fotosintesis algae *Chlorella pyrenoidosa* yang akan menghasilkan oksigen yang langsung larut dalam limbah cair pelapisan logam, kemudian oksigen dimanfaatkan bakteri

untuk membantu proses biodegradasi baban organik yang terdapat dalam limbah cair yang diproses secara biologis untuk digunakan mensuplai O_2 .

Pada pembahasan diatas terlihat bahwa penurunan kadar tembaga, limbah cair industri pelapisan logam dengan menggunakan variasi volume algae *Chlorella pyrenoidosa* terdapat perbedaan nyata antara rerata kadar tembaga (Cu) terhadap jumlah variasi algae *Chlorella pyrenoidosa*, yakni penurunan mencapai 0,29 ml/l dari kadar limbah 3,29 ml/l dan mengalami efisiensi penurunan sebesar 90,97 %.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- a. Penambahan algae *Chlorella pyrenoidosa* sebanyak 800 ml/l, mampu memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan kadar tembaga (Cu) sebesar $830,06315 > 4,07$. Dan hat ini terbukti bahwa penurunan yang paling efektif pada variasi algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l.
- b. Pada pengolahan limbah cair tembaga (Cu) dengan perlakuan algae *Chlorella pyrenoidosa* 800 ml/l mempunyai efektifitas penurunan sebesar 0,29 mg/L, sedangkan efisiensi penurunan dengan algae *Chlorella pyrenoidosa* pada volume 800 mg/L mencapai 90,97 %.
- c. Perlakuan dengan algae *Chlorella pyrenoidosa* terhadap limbah cair tembaga (Cu) ternyata dapat menurunkan kadar tembaga (Cu) dibawah baku mutu air limbah golongan I sebesar 1 mg/L sesuai dengan Kep.03/MENKLH/II/1991.

5.2. Saran

- a. Penelitian menggunakan Algae satu jenis pengolahan limbah cair secara biologis ternyata sudah efektif, akan tetapi disarankan menggunakan algae dalam bentuk aneka ragam seperti yang telah terjadi pada bak/ unit operasi kolam stabilisasi agar hasil pengolahan lebih optimal.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan volume algae *Chlorella pyrenoidosa* agar penurunan limbah dapat semaksimal mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995, Pengolahan Limbah Peternakan dan Kertas dengan Algae *Chlorella Pyrenoidosa*, *Jurnal Ilmiah STTL*, Yogyakarta,
- Craft and Reynold, 1942, *Weed Control*. First Edition, Me Graw Hill Book Company Inc., New York.

- Lusianti S. W., 1977, *Enceng Gondok Sebagai Penyerap*, Seamo Regional Carter For Tropical Biologis, Bogor, Jakarta.
- Mara D., 1976, *Sewerage Treatment in Hot Climate*, John Wiley and Sons, New York.
- Round F., 1973, *Bio The logy of The Algae*, Second Edition, Edward Arnold, Ltd, London.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Vashista B. R., 1974, *Biotan For Degree Student*, Part 1, Algae, Sechored and Co Ltd ramnagar, New Delhi.
- Ven Kataraman, 1969, *The Cultivation of Algae*, Indiana Council of Agriculture Resources, India.